Aus der Chirurgischen Universitätsklinik zu Berlin — Ziegelstraße.
(Stellvertr. Vorstand: Prof. Dr. Rostock.)

Die Einwirkungen der Kurz- und Ultrakurzwellen auf das periphere Gefäßsystem und deren fotografische Darstellung unter besonderer Berücksichtigung der Infrarot-Fotografie.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung des
Medizinischen Doktorgrades
an der
Friedrich-Wilhelms-Universität
zu Berlin

vorgelegt von

Friedrich Carl Kroker
aus Salzforst O/S.

Tag der Promotion: 27. Juli 1939.

Druck von Michael Laßleben, Kallmünz.

M 135

Gedruckt mit Genehmigung

der

Medizinischen Fakultät der Universität Berlin

Dekan: Prof. Dr. Siebeck

Referent: Dr. med. habil. W. Haase

Korreferent: Prof. Dr. Rostock.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Obwohl die Beeinflussung des Gefäßsystems durch die Kurz- und Ultrakurzwellen bereits in einer großen Reihe von Arbeiten und auch in verschiedenen Lehrbüchern behandelt worden ist, so ist es dennoch notwendig, diese äußerst interessanten Verhältnisse noch näher zu beleuchten. Wir haben in einer großen Reihe von Versuchen an Mensch und Tier die Einwirkungen der Kurz- und Ultrakurzwellen auf das periphere Gefäßsystem mit Hilfe der fotografischen Platte festhalten können und haben dabei die Verwendungsfähigkeit der Infrarot-Fotografie auf diesem Gebiete geprüft.

Bevor wir über unsere Versuche berichten, ist es wohl angebracht, in kurzen Worten auf das Wesen der Kurz- und Ultrakurzwellen, die wichtigsten geschichtlichen Tatsachen, dann auf die bis jetzt in der Literatur zu findenden biologischen Erfahrungen, vor allem bezüglich ihrer Einwirkungen auf das Gefäßsystem und endlich auf die Grundlagen der Infrarot-Fotografie einzugehen.

Die elektromagnetischen Kurzwellen wurden zum ersten Male von Heinrich Hertz im Jahre 1888 experimentell dargestellt. Er bediente sich dabei eines Oszillators, eines Apparates, in dem elektrische Ladungen rasch hin- und herpendeln. Dabei konnte Hertz die erstaunliche Feststellung machen, daß die elektromagnetischen Wellen tatsächlich in vielen Punkten mit den Lichtwellen identisch sind. Sie umfassen den Wellenbereich, der zwischen den Radiowellen und den infraroten Strahlen liegt. Hertz hat zuerst elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen von 1 bis 100 m dargestellt. Daher bezeichnet man diesen Wellenbereich auch kurz als „Hertz-Wellen". Als Kurzwellen gelten dabei Wellen mit einer Wellenlänge über 10 m, als Ultrakurzwellen mit einer solchen unter 10 m. In der Medizin werden Wellen mit einer Wellenlänge von 2 bis 15 m verwandt. Aber auch Wellen mit einer Länge von 0,75 m, ja sogar mit einer solchen von 0,53 m werden heute biologisch untersucht. Die kürzesten Wellen in dieser Richtung haben eine Wellenlänge von 0,3 mm, eine Wellenlänge, die bereits in das Spektralgebiet des Ultrarots fällt. Jedoch sind diese von so geringer Energie, daß sie für den Menschen nicht in Frage kommen.

Die elektromagnetischen Wellen versetzen den sie umgebenden Äther in Schwingungen und pflanzen sich in ihm in Form einer Transversalwelle mit einer Geschwindigkeit von 300 000 km in der Secunde fort. Sie gehorchen wie die Lichtwellen den Gesetzen der Reflexion, Brechung und Beugung. Von den Lichtwellen unterscheiden sie sich nur durch die Wellenlänge und die Frequenz. Die Schwingungszahl pro Sec. nennt man einfach „Hertz".

Die Hertzwellen rufen, wenn sie auf passende Medien treffen, eine Resonanz hervor, d. h. sie bringen diese nach Art der akustischen Wellen zum Mitschwingen. Sie durchdringen auch schlechte Leiter wie trockenes Holz etc. und werden nur von Metallplatten und Metallnetzen zurückgehalten.

Die ersten biologischen Beobachtungen mit Hochfrequenzströmen machte d'Arsonval, ein Mitarbeiter von Claude Bernard, und der ungarische Ingenieur Tesla. Letzterer stellte durch Zufall fest, daß hochfrequente Ströme beim Durchtritt durch den Körper vollkommen reizlos waren, selbst bei Spannungen, bei denen Ströme niederer Frequenz tödlich verlaufen wären. Weiterhin stellte man fest, daß die Ströme eine Durchwärmung hervorrufen. D'Arsonaval hat dann mit den Hertz-Kurzwellen auf medizinischem Gebiete systematische Versuche durchgeführt. Er arbeitete zuerst mit dem Hertzschen Oszillator und machte die Beobachtung, daß die Ströme neben der Wärmeentwicklung noch andere biologische Reaktionen hervorriefen. Zur Erforschung der biologischen Eigenschaften baute er einen besonderen Apparat. Er leitete die Ströme in eine große Drahtspule, die er „Solenoid" nannte, in der ein Mensch bequem Platz hatte. Diese Anordnung hatte den Zweck, durch die Stromverteilung möglichst die Wärmewirkung zu verhüten, und nur die spezifisch biologische Kraft der Strahlen wirken zu lassen. D'Arsonval konnte damals schon Reaktionen an den Blutgefäßen nachweisen, wie noch später näher ausgeführt werden soll. D'Arsonval vertrat auch damals schon die Ansicht, daß die Hochfrequenzströme in den Körper eindringen im Gegensatz zu der Tesla'schen Auffassung, die besagt, daß die Ströme nur die Oberfläche des Körpers erfassen. Nernst zeigte nämlich später, daß der menschliche Körper als Elektrolyte aufzufassen sei, und daß die Reizwirkung umso geringer ist, je größer die Frequenz des Stromes ist.

v. Zeyneck, ein Schüler Nernst's, befaßte sich dann um die Jahrhundertwende näher mit der Wärmewirkung der Hochfrequenzströme, und publizierte ihre große Bedeutung als Mittel zur gleichförmigen Durchwärmung des Körpers. Hiermit begann die Aera der Diathermie. Man begnügte sich hier aber nur mit der Wärmewirkung dieser Ströme. Ihre spezifisch elektrischen Wirkungen gerieten hierbei fast ganz in den Hintergrund.

Aufmerksam wurde man erst wieder auf die kurzen und ultrakurzen Wellen, als man bei Menschen, die sich längere Zeit in der Nähe von Laboratorien-Kurzwellensendern aufhielten, eigenartige Wirkungen auf ihren Organismus bemerkte, so z. B. nervöse und physische Überreizbarkeit, leichte Übermüdbarkeit, Schlafstörungen und dergl. mehr. Diese Beobachtungen veranlaßten Schliephake in Jena und Schereschewski in Amerika im Jahre 1926 erneut ihr

Augenmerk auf die Hertzkurzwellen zu richten, nachdem bereits Esau, der Leiter des physikalischen Institutes in Jena auf die biologischen Wirkungen der Hertzkurzwellen im Jahre 1925 hingewiesen hatte. Ihren grundlegenden Arbeiten ist es zu danken, daß die Kurzwellen-Therapie zu dem heutigen Stande ausgebaut werden konnte und eine derartige Bedeutung in der Behandlung der manigfaltigsten akuten und chronischen Erkrankungen gewonnen hat. Esau war es übrigens, der durch eine Neuerung der Anwendungsweise der Hertzkurzwellen den Grundstein zur Erforschung ihrer biologischen Eigenschaften legte, auf dem dann spätere Forscher wie Schliephake weiterbauen konnten.

Bei der modernen Anwendung der Hertzkurzwellen wird der Strom nicht in das Versuchsobjekt hinein geleitet, sondern dieses wird durch eine gewisse Fernwirkung der Schwingungen beeinflußt. Man schaltet den Patienten nämlich in ein sogenanntes „Kondensatorfeld" ein. Das Kondensatorfeld ist ein elektromagnetisches Feld, das durch zwei gegenüberliegende Metallelektroden, durch die sogenannten Kondensatorplatten, erzeugt wird. Dieses Kondensatorfeld ist ein Teil eines geschlossenen Sekundärkreises, der mit einem Primärkreis induktiv gekoppelt ist und mit diesem einen geschlossenen Schwingungskreis darstellt. Die Feldstärke dieses elektromagnetischen Feldes ist der Quotient aus der an den Platten herrschenden Spannung und ihrem Abstand voneinander. Die Spannungsverteilung findet ihren Ausdruck in Kraftlinien, die zwischen den Platten und in dem Raum um die Platten liegen. In diesem Raum wirken keine Wellenlängen und auch keine Strahlen, wie bei den Röntgen-, Radium- oder Ultraviolett-Strahlen, sondern kapazitiv übertragene Hochfrequenzströme oder das elektromagnetische Feld selbst. Daher soll man den Namen „Kurzwellen-Bestrahlung" vermeiden und besser von einer „Kurzwellen-Durchflutung" sprechen. Die Erscheinung des Mitschwingens anderer Leiter im Bereich des elektromagnetischen Feldes ist hier von ausschlaggebender Bedeutung. Das Optimum an Stromleistung und die größten Amplituden werden dann erreicht werden, wenn die zum Schwingen gebrachten Leiter auf den Sender genau abgestimmt sind, wenn also Resonanz herrscht. Die günstigsten Verhältnisse haben wir also dann, wenn der Sekundärkreis mit dem Sendekreis hinsichtlich der Frequenz genau übereinstimmt. Daher sind diese bei einem Kurzwellenapparat stets mit einer Neonröhre genau auszubalancieren. Die Frequenz der Schwingungen, die Periode und somit die Abstimmung sind abhängig von der Kapazität und Selbstinduktion. Kapazität und Selbstinduktion verhalten sich umgekehrt proportional der Frequenz der Schwingungen. Bei der Berechnung kann man die Kirchoff-Thomson'sche Formel zugrunde legen. Selbstverständlich treten auch Verluste auf, die besonders durch

den Ohm'schen Widerstand bedingt werden. Weiter rufen Dielektrika (z. B. Körperteile), die man in das Kondensatorfeld einschaltet, einen Verlust durch den Widerstand des Dielektrikums hervor. Die Kapazitätsänderung, die dabei eintritt, kann durch Änderung der Selbstinduktion ausgeglichen werden. Der Widerstand des Dielektrikums führt zu einer Erwärmung desselben, deren Bedeutung noch zu besprechen sein wird.

Hinsichtlich der Erzeugung der hochfrequenten Schwingungen herrschen heute zwei Systeme vor: Der Funkenstreckenapparat und der Röhrensender. Im ersten Fall werden die Schwingungen durch die Entladung eines Kondensators über der Löschfunkenstrecke erzeugt. Sie haben den Nachteil, daß sie gedämpfte Schwingungen liefern, d. h. die Amplituden sind nicht kontinuierlich, sondern verschieden groß im Gegensatz zum Röhrensender, wo zwar durch den Widerstand des Dielektrikums die Amplituden kleiner aber gleich groß, also ungedämpft sind. Ferner ist die Energiereserve zu gering, da die Abstände zwischen Patient und Elektroden zwecks Erzielung einer Tiefenwirkung verhältnismäßig groß sein müssen. Schließlich liefert der Funkenstreckenapparat Wellengemische, während bei biologischen Versuchen möglichst monochrome Wellen zu verwenden sind, eine Forderung, die besonders von Liebesny verfochten wird.

Alle diese Nachteile besitzt der Röhrensender nicht. Die Elektronenröhren sind im Prinzip die gleichen, wie sie in der Radiotechnik zur Sendung von kurzen Wellen verwendet werden. Jedoch ist in der Therapie die freie Raumwelle biologisch vollkommen wirkungslos. Sie ist auch dann ohne biologische Effekte, wenn man die Wellen im Sinne der Parabolspiegelung sammelt, wie wir es bei den „Richtstrahlen" nach Ostasien oder Afrika kennen, eine Feststellung, die Schliephake schon vor längerer Zeit an Menschen- und Tierversuchen machte. Die von den Röhren ausgesandten Schwingungen müssen, um biologisch wirksam zu sein, sofort wieder in einem „Antennensystem", eben dem schon oben erwähnten Schwingungskreis oder Behandlungskreis, aufgefangen werden und rufen erst in diesem biologische Wirkungen hervor.

Wir haben unsere Versuche mit einem „Ultra-Pandorus", einem 2-Röhrenapparat der Siemens-Reiniger-Werke durchgeführt. Er umfaßt einen Wellenbereich von 3,25—7,50 m. Außerdem ist eine Sondereinstellung von einer Wellenlänge von 15 m möglich.

Jetzt wäre noch die Frage zu erörtern, wie sich die Hertzkurzwellen im durchfluteten Teil des Versuchsobjektes verhalten. Vielleicht ist es am anschaulichsten, sie hinsichtlich ihrer Durchdringungsfähigkeit und Wärmewirkung mit der Diathermie zu vergleichen.

In der Diathermie kommen Wellen mit einer Länge von 300 bis 600 m zur Anwendung. Ihre spezifisch-biologische Wirkung ist ver-

hältnismäßig gering. Der im Schwingungskreis eines Generators schwingende Hochfrequenzstrom wird hier mittels eines Kabels oder einer Metallelektrode direkt in den Körper geleitet, also ganz anders wie bei den Hertzkurzwellen, wo sich ja der Patient innerhalb eines elektromagnetischen Feldes, dem Kondensatorfeld, befindet. In der Diathermie ist nur die durch den Widerstand des Körpers entstandene Joule'sche Wärme wirksam. Bei der Durchströmung bieten die einzelnen Gewebsteile dem Strom einen verschieden großen Widerstand. Die Knochen zeichnen sich durch den größten Widerstand aus, dann folgen Fettgewebe, Haut, Muskeln, Nerven u.s.w. Den geringsten Widerstand bieten die flüssigen Bestandteile, wie Blut, Wasser, Harn. Man müßte nun annehmen, daß man im Knochen die größte Erwärmung erzielen kann. Tatsächlich erwärmen sich aber die Haut und das Unterhautzellgewebe so stark, daß man die Dosierung stark herabsetzen muß. Als Folge tritt dann natürlich eine geringere Tiefenwirkung ein. Außerdem weicht der Strom vor dem hohen Widerstand in die besser leitende Umgebung aus, so daß schließlich der Knochen gar nicht mehr erwärmt wird.

Anders liegen die Verhältnisse bei der Durchflutung mit Hertzkurzwellen. Hier ist bei einem gewissen Abstand der Kondensatorplatten von dem zu behandelnden Körperteil die Tiefenerwärmung größer als die Erwärmung an der Oberfläche. Man kann aber auch vorwiegend die Oberfläche erwärmen, indem man mit den Kondensatorplatten ganz dicht an den Patienten herangeht oder nur mit einer Elektrode durchflutet. In keinem Falle gehen Hertzkurzwellen irgendeinem Widerstand aus dem Wege, sondern alle Gewebe auch der Knochen werden gleichmäßig durchdrungen. Denn bei der Durchflutung mit Kurzwellen gehorcht der Strom nicht mehr den Kirchoff'schen Verzweigungsgesetzen, sondern die Kraftlinien des Kondensatorfeldes weichen keinem Widerstande aus.

Die starke Tiefenerwärmung könnte natürlich bei Überdosiesierung zu Schädigungen, wie Nekrosen, führen. Jedoch ruft die starke Blutzirkulation in diesen Gebieten eine Kühlung hervor (s.w.u.).

Genaue Untersuchungen, besonders von Schliephake, ergaben die Feststellung, daß bei Anwendung einer bestimmten Wellenlänge die Erwärmung in der Zeiteinheit verschieden groß ist. Man bezeichnet diese Eigenschaft als selektive Erwärmung. So fand man für die selektive Erwärmung der einzelnen Gewebsteile Maxima und Minima, so z. B. beim Knochenmark einer Leiche ein Maximum bei einer Wellenlänge von 15 m, ein Minimum bei einer solchen von 7,5 m. Beim Lebenden sind diese Verhältnisse aber äußerst kompliziert. Für die Therapie kommen nach Schliephake und Pätzold für eine selektive Erwärmung nur Wellenlängen von 3 bis

20 m in Frage, da man jenseits dieser Grenzen beim Menschen keine praktisch verwertbaren Wärmeeffekte mehr erzielen kann.

Kleinere Tiere sterben bei Anwendung der Hertzkurzwellen, eine genügende Intensität vorausgesetzt, binnen weniger Minuten. So töteten Oettingen und Hoock Mäuse durch eineinhalb Minuten langes Durchfluten mit einer Wellenlänge von 3 m. Die Sektion ergab neben anderen Befunden, wie Verklumpung des Chromatins, besonders in den Leberzellen, Quellung des Plasmas und dergleichen mehr, vor allem eine hochgradige Hyperämie aller Organe. Die Kapillarwände waren in verschiedenen Organen geschädigt und durchlässig geworden. Überall, besonders aber an den serösen Häuten, fanden sich Rhexisblutungen. Die Gefäße waren weit und prall gefüllt und zeigten sogar Gefäßwandrupturen. Im Gehirn fand man meistens eine Anämie.

In dieser katastrophalen Weise wirken sich die Hertzkurzwellen bei kleineren Tieren aus. Anders liegen die Verhältnisse bei größeren Tieren und beim Menschen. Jedoch konnten auch wir beim Kaninchen unter bestimmten Bedingungen dieselben Erscheinungen feststellen. Wenn wir Kaninchen im Kondensatorfeld eines Ultra-Pandorus mit höchster Intensität und einer Wellenlänge von 6 m etwa eine halbe bis eine Stunde durchfluteten, dann starben manche Tiere ganz plötzlich, scheinbar aus bestem Befinden. Besonders leicht kamen die Tiere ad exitum, wenn wir sie in Narkose durchfluteten. Da wir jedoch bei der Dosierung des Äthers die größte Vorsicht und Sorgfalt beachteten, kann man die Narkose hier nicht als einzige Todesursache ansehen, obwohl sie unter den verschiedenen Faktoren, die hierfür in Frage kommen, eine ausschlaggebende Rolle spielen mag. Als Hauptursache scheint hier wohl eine akute Lähmung des Wärmezentrums in Frage zu kommen. In Betracht kommen hier noch ein Versacken des Blutes in die Peripherie (Splanchnikusgebiet) und ausgedehnte durch die Kurzwellenwirkung hervorgerufene Gewebsschädigungen. Bei der fotografischen Darstellung der Kurzwellen-Reaktion an den in der Tiefe gelegenen Gefäßen, z. B. der des Mesenteriums oder der Harnblase, war es natürlich notwendig, diese vor der Durchflutung durch einen operativen Eingriff, in diesem Falle durch eine Laparatomie, freizulegen und zu fotografieren. In diesen Fällen mußten wir besonders vorsichtig durchfluten, da die Tiere dann besonders anfällig waren, während wir sie sonst bei noch viel schwereren Eingriffen mehrere Stunden bei relativ gutem Befinden in Narkose halten konnten. Vor und nach der Durchflutung wurden intraabdominelle Temperaturmessungen vorgenommen, indem wir ein Thermometer ins Abdomen hineinlegten. Wir stellten nach der Durchflutung eine Erhöhung der Temperatur um 3—5 Grad Celsius fest. Interessant ist vielleicht noch, daß nach unseren Fest-

stellungen Albinos weniger widerstandsfähig sind als z. B. die wildfarbenen Kaninchen.

Wir erwähnten bereits zu Anfang, daß d'Arsonval im gewissen Sinne bereits die biologischen Wirkungen der Kurzwellen bekannt waren. Im Jahre 1897 veröffentlichte er seine Beobachtungen über die Reaktion der Ohrmuschelgefäße des Kaninchens im Solenoid unter dem Einfluß der „Autokonduktion", wie er die Wirkung des magnetischen Feldes innerhalb dieser großen Spule nannte. Er beobachtete, wie sich unter dem Einfluß des Hochfrequenzstromes die Blutgefäße an den Ohrmuscheln erweiterten, wie man es bei der Ausschaltung des Halssympathicus sieht (d'Arsonval Effekt). Künstlich beigebrachte Wunden an der Pfote des Kaninchens bluteten stärker infolge der hier herrschenden kapillären Hyperämie. Nach Ausschalten des Stromes kontrahierten sich bald wieder die Gefäße. Weiter beobachtete er während der Einwirkung des Stromes eine Blutdrucksenkung, eine Feststellung, die d'Arsonval und Moutier später auch beim Menschen machen konnten. Wirkte der Strom nicht mehr ein, so stieg auch hier der Blutdruck wieder an.

Eine genaue Kenntnis der Verhältnisse am Gefäßsystem und auch am Herzen bei der Durchflutung im Kondensatorfeld vermittelten die grundlegenden Arbeiten von Pflomm an der Schwimmhaut des Frosches, beziehungsweise am Froschherzen. Er durchflutete die Schwimmhaut mit einer Wellenlänge von 4,5 m. Zuerst bemerkte er eine chockartige Kontraktion der Blutgefäße im Moment des Einschaltens des Stromes, die sich nach einigen Sekunden jedoch wieder löste. Darauf hin trat eine große Erweiterung der Arterien und Venen, besonders aber der Kapillaren ein. Die Kapillaren vergrößerten sich schließlich auf das 3—10fache ihres normalen Kalibers. Dabei stellte er eine Erhöhung der Blutgeschwindigkeit in den Arterien, eine Verlangsamung dagegen in den kleinen Venen und Kapillaren fest. Nach einer gewissen Zeit trat ein Stillstand des Blutstromes ein, und zwar zuerst in den kleineren, dann in den größeren Venen. Schließlich konnte man einen pulsatorischen Rückfluß aus den Venen ins Kapillargebiet feststellen. Dabei sah das Blut lackfarben und dunkel aus, wahrscheinlich eine Folge der Kompression der Blutkörperchen. Wurde die Durchflutung im Stadium des Rückflusses unterbrochen, dann traten nach etwa 10 Minuten wieder normale Verhältnisse ein. Zurück blieb nur eine starke Erweiterung der Kapillaren, die Pflomm noch nach 14 Tagen nachweisen konnte. Die Erweiterung der Arterien und Venen war geringer. Interessant sind hierbei die von Pflomm gemachten Beobachtungen über die Temperaturverhältnisse. Die Froschpfoten hatten nach der Durchflutung eine Temperatur von 23—26 Grad Celsius. Eine Erwärmung auf diese Temperatur z. B. mit einer

warmen 8% Kochsalzlösung konnte jedoch nie eine solche Reaktion an den Blutgefäßen hervorrufen. Die Erweiterung der Gefäße war viel geringer, und nach höchstens einer Stunde waren die normalen Verhältnisse wieder hergestellt. Ein pulsatorischer Rückfluß aus den Venen ins Kapillargebiet war nicht festzustellen. Der letzte Versuch ergab also, daß der Grund für die hochgradige Erweiterung der Blutgefäße, deren tagelanges Bestehen und vor allem eine so hochgradige Erschlaffung des Kapillarwandtonus, daß sogar eine Saugwirkung auf die Venen resultierte, nicht allein die Wärmewirkung sein konnte. Vielmehr mußte hier eine Reaktion des autonomen Nervensystems und zwar eine Herabsetzung des Sympathicustonus hineinspielen. Kroch und Rechberg beschrieben nach Durchschneidung des Sympathicus solche Tonusänderungen der Gefäße und auch einen pulsatorischen Rückfluß des Blutes aus den Venen ins erweiterte Kapillargebiet an den Ohrmuschelgefäßen des Kaninchens. Weiterhin lassen die Pigmentanhäufungen, wie sie Pflomm an der Froschpfote beobachtete, auf eine durch das Kondensatorfeld bedingte Sympathicusparese schließen, eine Annahme, die durch den Versuch von Else erhärtet wurde, der solche Beobachtungen nach Durchschneidung des Sympathicus machen konnte. Einen weiteren Beweis für die Auffassung von der Sympathicuslähmung durch die Kurzwellen und die dadurch bedingten Kreislaufveränderungen lieferte Pflomm durch seine Adrenalinversuche an der Schwimmhaut des Frosches: Er bepinselte die Schwimmhaut des Frosches mit einer Adrenalinlösung von 1:1000, auf deren Wirkung sich die größeren Gefäße zusammenzogen, während die kleineren nur wenig Veränderungen zeigten. Brachte er die Schwimmhaut dann ins Kondensatorfeld, erweiterten sich die Gefäße außerordentlich stark. Dagegen wurden thermische Reize nur wenig von der adrenalisierten Schwimmhaut beantwortet und zeigten nur eine geringe Dilatation. Auf der anderen Seite war Adrenalin, nach der Durchflutung auf die Schwimmhaut gebracht, fast ganz wirkungslos auf die erweiterten Blutgefäße, während sich diese nach Dilatation durch warmes Wasser auf Adrenalineinwirkung prompt wieder zusammengezogen. Dieselben Ergebnisse erzielte Pflomm in derselben Versuchsanordnung mit faradischem Strom, der in seiner Wirkung dem Adrenalin gleicht.

An dieser Stelle möchten wir bemerken, daß die Pflomm'schen Versuche in letzter Zeit von anerkannten Autoren bestritten worden sind. So hat Weiß bei seinen Arbeiten diesen Adrenalinversuch von Pflomm nicht bestätigt gefunden. Weiterhin behauptet er, daß die Wirkung der Kurzwellen an der Schwimmhaut und an der Zunge des Frosches in keiner Weise sich von thermischen Einwirkungen unterscheidet. Er gibt aber zu, daß man mit Hilfe der Kurzwellen eine bedeutend homogenere Wärmeverteilung erzielen

kann, als mit anderen Methoden z. B. der Diathermie und lobt besonders die Tiefenwirkung der Kurzwellen.

Auf den Vagus und den Parasympathicus üben die Kurzwellen eine tonisierende Wirkung aus, so daß man für die Erweiterung der Gefäße eine doppelte Ursache annehmen kann:

1. Erweiterung durch Lähmung der Konstriktoren,
2. Erweiterung durch Reizung der Dilatatoren.

Die Vagusreizung konnte Pflomm am Froschherzen nachweisen:

Ein in Engelmann'scher Suspension ins Kondensatorfeld gebrachtes Froschherz erfuhr bald eine Verlangsamung der Schlagfolge und eine Verminderung der Herzkraft. Bei lang andauernder Durchflutung blieb das Herz in Diastole stehen. Nach Ausschaltung des Stromes begann es wieder zu pulsieren.

Cignolini hat dann die Pflomm'schen Versuche nachgeprüft und hat ein gewisses selektives Verhalten der Kurzwellen auf das vegetative Nervensystem gefunden, das von der Stärke der Dosierung abhängig ist. Es können so je nach der Dosierung ganz entgegengesetzte Reaktionen hervorgerufen werden. So führen schwache Dosen zur Gefäßerweiterung durch Reizung der Dilatatoren. Mittlere Dosen bedingen eine Kontraktion der Gefäße. Die stärksten Dosen haben Veränderungen bis zur Ischämie und Stase im Gefolge.

In der Therapie hat die Kurzwellenbehandlung dort die größte Bedeutung erlangt, wo es gilt durch Hyperämie Heilungsvorgänge zu beschleunigen. In den Fällen, in denen, sich der Organismus an irgendeiner Stelle mit Infektionsprozessen auseinanderzusetzen hat, wird der Heilungsprozeß noch dadurch gefördert, daß, wie Pflomm feststellen und Schliehake bestätigen konnten, in die durchfluteten Gebiete ein außerordentlicher Zustrom von Leukozyten einsetzt. Man findet in den übermäßig mit Blut gefüllten Venen und Kapillaren die Leukozyten an den Wänden liegend.

Die Frage, ob die Kurzwellen irgendeinen Einfluß auf die Virulenz von Bakterien ausüben, ist noch nicht sicher entschieden. Jedoch ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, daß die Bakterien auch in vivo durch die Kurzwellen geschädigt werden, so daß die Wirkung der Kurzwellen auf Infektionsprozesse eine doppelte ist:

1. Starke Hyperämisierung des erkrankten Gebietes,
2. Eine für die Heilung günstige Beeinflussung der Keime.

In Vitro haben Haase und Schliephake festgestellt, daß Bakterienaufschwemmungen, die im Kondensatorenfeld über 45 Grad erhitzt worden sind, nicht mehr lebensfähig waren. Aber auch bei Temperaturen, die zwischen 37 und 40 Grad Celsius lagen, war bei genügend langer Durchflutung (über 60 Minuten) bei verschiedenen pathogenen Keimen eine erhebliche Wachstumshemmung zu

verzeichnen. Durch eine Durchflutung von 2—8 Stunden bei einer Temperatur von 40° Cels. konnten sie sogar abgetötet werden. Es sind das Temperaturen, bei denen eigentlich das Wachstumsoptimum dieser Erreger liegt, so daß man doch an eine spezifisch elektrische Wirkung denken muß. Wichtig ist, daß diese Temperaturen von jedem Patienten bei der Behandlung von infektiösen Erkrankungen gut vertragen werden. Weiterhin hat Haase gefunden, daß die Keime hinsichtlich der Wellenlänge ein gewisses selektives Verhalten zeigen, d. h. also, daß die verschiedenen Erreger durch eine bestimmte Wellenlänge besonders gut beeinflußt werden können. Jedoch sind, wie schon oben erwähnt, die Akten über diese Verhältnisse noch nicht geschlossen. Daß jedenfalls bei der Behandlung von Erkrankungen infektiöser Natur mit Kurzwellen neben der Wärmewirkung noch ein anderer Faktor mitspielen muß, ergibt sich aus der Tatsache, daß die Kurzwellenbehandlung besonders bei akuten infektiösen Prozessen in vielen Fällen der einfachen Wärmeapplikation vorzuziehen ist.

Schließt man sich der Auffassung von August Bier an, daß die Wirkung der Wärme eine reflektorische Hyperämie ist, und somit letztere dann der eigentliche Heilfaktor, so ist zu bemerken, daß nach Untersuchungen von Gesenius durch Zuführung von Wärme mit Hilfe von warmen Moorbädern, heißen Kataplasmen etc. eine bedeutend größere Hyperämie auch in der Tiefe zu erzielen ist, als durch die Kurzwellen. Gesenius hat das beim Vergleich der verschiedenen Methoden der Erzeugung von Hyperämie festgestellt und hat in dieser Hinsicht die alten Methoden der Wärmeapplikation den elektrischen (Kurzwelle, Diathermie) weit überlegen gefunden. Daß jedoch die Kurzwellenbehandlung in allen Disziplinen der Medizin zu einer so großen Bedeutung gelangt ist, zeigt eben, daß Kurzwellentherapie mehr bedeutet als Heilung durch Hyperämie, obwohl selbstverständlich letztere mit im Vordergrund steht. In vielen Fällen unentbehrlich ist die Kurzwellentherapie in der Chirurgie geworden. Nimmt sie doch oft dem Chirurgen das Messer aus der Hand und führt auf einem eleganteren Wege zu einer Besserung und in vielen Fällen sogar zu einer restititio ad integrum.

Wir hatten uns nun in Anlehnung an die Pflomm'schen Versuche zur Aufgabe gemacht, die peripheren Zirkulationsverhältnisse bei der Durchflutung im Kandensatorfeld am Kaninchen und nach Möglichkeit auch am Menschen zu studieren. Dabei legten wir besonderen Wert auf den Grad der Hyperämie und der Gefäßerweiterung und vor allem auch darauf, wann die Reaktionen am größten sind und wie lange diese bestehen. Um alle subjektiven Beobachtungsfehler auszuschalten, hatten wir von allen in Frage

kommenden Phasen Fotoaufnahmen angefertigt. Wir verwandten dabei die Isochrom- und die Infrarot-Platte. Bei der letzteren kam es uns darauf an zu prüfen, ob sich die Infrarotplatte zur Darstellung von Gefäßreaktionen in tieferen Gewebsschichten eignet. Da die Infrarot-Fotografie in der Medizin ein sehr junges Hilfsmittel ist, ist es wohl nicht verfehlt, an dieser Stelle einige grundsätzliche Ausführungen über das Wesen der Infrarot-Fotografie zu machen.

Aus der Optik ist die Tatsache bekannt, daß das weiße Licht einer Lichtquelle, z. B. der Sonne, das aus einer Mischung sämtlicher Farben besteht, beim Durchtritt durch ein Prisma infolge der verschiedenen Brechbarkeit der einzelnen Farbkomponenten in einer bestimmten Anordnung in die 7 Newton'schen Grundfarben zerlegt wird, so daß das bekannte Farbenspektrum entsteht. Rot, die langwelligste Farbe, wird am wenigsten, Violett, die kurzwelligste, am meisten gebrochen. Rot hat etwa eine Wellenlänge von 770 m μ oder 7700 AE, Violett eine Wellenlänge von 390 m μ oder 3900 AE. (1 μ = ein Mikron = 1/1000 mm. 1 m μ = ein Millimikron = 1/1000 μ = 1 000 000 mm. 1 AE = 1 Angström-Einheit = 1/10 eines Millimikrons = 10 000 000 mm).

Es ist also ein verhältnismäßig kleiner Ausschnitt aus dem großen Gebiet der elektromagnet. Wellen, den wir mit Hilfe unserer Augen percipieren können. Jenseits der roten und violetten Strahlen haben wir noch einen großen Wellenbereich, der physikalisch in vielen Beziehungen dem Newton'schen Spektrum gleicht. Der Physiker bezeichnet den Teil, der sich an das Dunkelrot anschließt, als ultrarote oder infrarote Strahlen, den Wellenbereich jenseits des Violetts als ultraviolette Strahlen. Die infraroten und ultraroten Strahlen sind keine Farben, wie das der zweite Teil des Wortes vermuten lassen könnte, sondern sind grundsätzlich für das menschliche Auge unsichtbare Strahlen. Zu den infraroten Strahlen rechnet man den Wellenbereich mit einer Wellenlänge von 770 m μ bis ungefähr 300 000 m μ. Daran schließen sich wiederum die Hertz'schen Wellen an. In der Literatur werden die infraroten Strahlen auch als Wärmestrahlen bezeichnet, eine Bezeichnung, die nicht ganz richtig ist, da die Wärme kein Charakteristikum der infraroten Strahlen ist. Wärmewirkungen lassen sich nämlich im ganzen Teil des Spektrums, ja sogar bei genügender Energiedichte auch im ultravioletten Teil nachweisen.

Die infraroten Strahlen haben die Eigenschaft, eine Phosphoreszenz, wie sie z. B. die violetten oder ultravioletten Strahlen auf einem Platinbaryumcyanürschirm hervorrufen, wieder auszulöschen. Man kann sie mit Hilfe der Fotozelle oder einer besonderen fotografischen Platte, die noch näher beschrieben werden soll, aufnehmen.

Neuerdings ist es sogar gelungen, die durch infrarote Strahlen entworfenen Bilder mit der Braun'schen Röhre direkt sichtbar zu machen. Feste Körper kann man von einer Temperatur von 500 Grad Celsius aufwärts mit gewöhnlichen panchromatischen Platten aufnehmen, da sie bei dieser Temperatur bereits sichtbares Licht ausstrahlen (Grauglut). Die Infrarot-Strahlung ist aber bereits bei niederen Temperaturen so groß, daß die Fotografie auf Infrarotplatten möglich ist. Daher wird die Infrarotfotografie oft mit dem nicht ganz richtigen Namen „Wärmefotografie" belegt. Die tiefste Temperatur, auf die Infrarotplatten ansprechen, dürfte nach Angaben von Hencky und Neubert bei etwa 300 Grad Celsius liegen, doch sind hier bereits Belichtungszeiten von einem Monat erforderlich. Nach dem heutigen Stande der Infrarotfotografie kommen Strahlungsquellen, die nur Wärmestrahlen aussenden, praktisch kaum in Frage. Die geeignetsten Lichtquellen sind das Sonnenlicht und die Nitraphotlampe. Vor die Lichtquelle muß ein Filter gesetzt werden, daß nur die infraroten und roten Strahlen hindurchläßt, da die Infrarotplattenschicht auch für andere Farben, besonders für Blau und Violett empfindlich ist. Man kann sogar mit Infrarotplatten ohne Filter normale Aufnahmen machen. Man verwendet Rotfilter in allen Helligkeitsgraden und Infrarotfilter, auch Schwarzfilter genannt. Letztere schalten alle sichtbaren Strahlen aus und lassen nur Strahlen über 1050 mμ hindurch. Die Schwarzfilter nimmt man nur zu besonderen Zwecken, wie Mikrofotografie und Aufnahmen im „Dunkeln". Auf die Wahl des Filters kommt es nicht so sehr an, da der wirksame Wellenbereich im Infrarot nicht vom Filter, sondern von der Platte ausgewählt wird. Man nimmt daher möglichst helle Filter, um an Belichtungszeit zu sparen.

Einen für Infrarot sensibilisierbaren Farbstoff fand Abny im Jahre 1880. Aber erst die Entdeckung des Dicyanins durch König im Jahre 1905 schuf die Möglichkeit, mit der fotografischen Platte über 700 mμ ins Infrarot vorzudringen. In dem Bestreben, immer längere Wellen zu erfassen, fand man das Kryptocyanin, Neocyanin und viele andere. Diese Stoffe gehören zu der Gruppe der Carbocyanine. Zu einem noch weiteren Vordringen ins Infrarot und zu einer gewissen Vollendung der Sensibilisatoren für Infrarot führte die Verlängerung der „Polymethinkette", d. h. eine Vergrößerung der Anzahl von konjugierten Doppelbindungen zwischen den zwei verschiedenen aromatischen Radikalen, die ja das Charakteristikum der Polymethinfarbstoffe sind, etwa nach dem Schema:

$$\ldots . = CH - CH = CH - CH = CH \ldots .$$

Von der Anzahl der Kohlenstoffatome (eigentl. der Methingruppen —CH=) hängt es nämlich ab, in welchem Wellen-

bereich der Farbstoff wirksam ist. Eine Verlängerung der Kette um das Glied — CH = CH — bedeutet immer ein Sensibilisierungsvermögen um 100 mμ weiter ins infrarote Gebiet. So entstanden die Tricarbocyanine mit 3, die Pentacarbocyanine mit 5 und endlich die Nonakarbocyanine mit 9 und die Undekacyanine mit 11 Kohlenstoffatomen. Mit den zuletzt genannten Farbstoffen kommt man etwa bis zu einer Wellenlänge von 1400 mμ.

Wir haben für unsere Versuche Infrarotplatten der Agfa benutzt. Die Agfa stellt solche für Wellenbereiche von 700 bis 1050 mμ her. Wir verwendeten Platten, die bis 800 mμ sensibilisieren.

Die infraroten Strahlen haben die Fähigkeit, durch verschiedene Stoffe hindurchzugehen, die unserem Auge als vollständig undurchsichtig erscheinen. Sie gehen sogar durch feste Stoffe wie Ebonit, Leder, Bakalit und durch verschiedene Holzarten hindurch. Dagegen vermögen sie Stoffe, die ausgesprochen schwarz sind (Ruß, Lampenschirmschwarz etc.) nicht zu durchdringen. Ferner vermögen die infraroten Strahlen die Athmosphäre viel besser zu durchdringen als die Strahlen des sichtbaren Lichtes. Denn nach dem Rayleigh'schen Streuungsgesetz erfahren die Lichtstrahlen infolge ihrer stärkeren Brechung und Reflexion an Staub- und Nebelteilchen oder auch an einzelnen Molekülen der Athmosphäre eine Streuung, die umso größer ist, je kleiner ihre Wellenlänge. Daher kann man trotz starken Nebels mit Infrarotplatten noch klare Landschaftsbilder bekommen.

Infolge der großen Durchdringungsfähigkeit der infraroten Strahlen hat die Infrarotfotografie auf allen hier in Frage kommenden Gebieten wie Meteorologie, Luft- und Seefahrt, Astronomie, Spektrografie, Material- und Warenprüfung, Entzifferung alter Texte, Kriminalistik etc., in der Pflanzen- und Tierkunde und nicht zuletzt auch in der Medizin eine große Bedeutung erlangt.

Was die Durchdringungsfähigkeit von tierischen Geweben anbelangt, so steht Plotnikow auf dem Standpunkt, daß die infraroten Strahlen anorganische Substanzen wie Knochen gut, hochmolekulare Komplexe dagegen wie Muskulatur schlecht durchdringen. Plotnikow hat sich besonders mit der Methode der sog. „Wärmeschattenfotografie" beschäftigt. Das sind Kontaktfotogramme, die man dadurch erhält, daß man z. B. eine Hand auf eine Infrarotplatte legt und mit einer Bogenlampe mit vorgeschaltetem Filter belichtet. Der Teil der Platte, auf der die Hand liegt, wird nach Plotnikow's Annahme je nach der Verschiedenheit der Durchlässigkeit der einzelnen Stoffe verschieden stark belichtet. Plotnikow bezeichnete diese Kontaktfotogramme als umgekehrte Röntgenbilder. Nach Untersuchungen von Helwich und Eggert sollen die Verhältnisse jedoch ganz anders liegen. Nach diesen Autoren soll sich eine Durchdringungsfähigkeit der infraroten Strah-

len in dieser Versuchsanordnung weder durch Knochen noch durch die Weichteile in keiner Weise beweisen lassen, zumindestens sagt die Infrarotplatte nichts darüber aus. Sie führen die Entstehung der Kontaktfotogramme in der Form, wie sie Plotnikow beschreibt, auf andere Ursachen zurück, die hier nicht näher behandelt werden können. Helwich machte dann Infrarotaufnahmen von bestimmten Körperteilen mit dem fotografischen Apparat, indem er die Lichtquelle, vom Fotoapparat aus gesehen, hinter den Aufnahmegegenstand brachte, also die Anordnung Fotoapparat — Gegenstand — Lichtquelle traf und somit den Körperteil gleichsam „durchleuchtete". Hier machte Helwich die Feststellung, daß die Knochen bis zu einem verhältnismäßig großen Kaliber für Infrarot durchgängig sind. Ebenso werden gesunde Zähne — nicht dagegen kariöse oder mit Metallplompen gefüllte — und dünne Weichteile wie die Wangenschleimhaut durchdrungen. Dagegen kommen auf der Hand die auf der dem Fotoapparat abgewandten Seite gelegenen Venen nicht mehr zur Abbildung. Der Grund ist in der Tatsache zu suchen, daß die infraroten Strahlen im tieferen Gewebe eine zu große Streuung und Absorption durch das Gewebswasser erfahren.

In der Medizin hat die Infrarotfotografie in den verschiedensten Zweigen eine große Bedeutung erfahren, z. B. in der Augenheilkunde. So durchdringen die Strahlen die getrübte Hornhaut und zeigen ein besonderes Verhalten am Irispigment, worauf noch im Zusammenhang eingegangen werden soll. Weiter leistet sie große Dienste beim Studium des Verlaufes mancher Hautkrankheiten, wie Lupus vulgaris etc. Eine besondere Bedeutung hat sie in der Mikrofotografie gewonnen. Preißecker hat hier grundlegende Arbeiten geleistet. Er betont, daß die Infrarotfotografie besonders gut die Helligkeits- und Farbenunterschiede, vor allem im Blau, hervortreten lasse, so daß besonders die Kernstruktur, die Zellgrenzen und auch pathologische Veränderungen im Plasma gut zum Vorschein kommen. Sehr gute Resultate hat Preißecker in der Histologie des Karzinoms erzielt. Auch auf den mit Silbernitrat gefärbten Nervenquerschnitten sind die einzelnen Strukturbilder besser zu erkennen. Die Infrarotstrahlen haben weiterhin die Fähigkeit, die Oberhaut bis zu einem gewissen Grade zu durchdringen. Haxthausen konnte so zuerst das subcutane Adernetz darstellen. Damit war die Möglichkeit gegeben, tiefe Varizen und andere Erkrankungen des Venensystems wie Blutstauungen, Aneurismata etc. sichtbar zu machen. Das Hautpigment und auch das andere Pigment, z. B. der Iris, reflektieren dagegen die infraroten Strahlen fast ganz, wie Decking (Niymegen) feststellen konnte. Diese Tatsache hat in der Augenheilkunde bei der Erhärtung mancher Diag-

nosen eine besondere Bedeutung erlangt. Dekking hält auch die starke Pigmentierung von Iris und Haut bei den Völkern der heißen und lichtstarken Gegenden für einen Schutz gegen die infrarote Strahlung. Wenn wir Infrarotaufnahmen von den Negern machen, dann erscheinen sie hellhäutig wie die Angehörigen der weißen Rasse. Ebenso erscheint die dunkelbraune oder schwarze Iris mindestens ebenso hell, zuweilen auch noch heller als die blaue. Sommersprossen lassen sich ebenfalls nicht abbilden, da sie die infraroten Strahlen reflektieren. Dagegen treten oft Tätovierungen, die man bei farbigen Menschen nicht erkennen kann, bei der Infrarotfotografie besonders gut hervor, da gewisse Tätovierfarbstoffe die infraroten Strahlen besonders gut absorbieren. Ähnliche Verhältnisse finden wir bei alten vergilbten Schriftstücken, auf denen die Stockflecken die Schrift vollständig verdecken. Die Infrarotplatte läßt die Stockflecken unabgebildet, während die Schriftzeichen besonders gut hervortreten.

Wir begannen unsere Versuche mit der Untersuchung, ob sich eine Oberflächenhyperämie mit der Infrarotplatte wiedergeben läßt. Wir setzten auf den Unterarm eine Verbrennung ersten Grades mit einem in heißes Wasser getauchten Leinwandstreifen, so daß eine umschriebene streifenförmige Hyperämie eintrat. Diese ließ sich mit der Isochromplatte sehr gut abbilden. Auf der Infrarotplatte war davon nicht die geringste Spur zu sehen. Die Erklärung ist wohl darin zu suchen, daß das Oxyhämoglobin ebenso wie das Pigment die infraroten Strahlen reflektiert.

Dadurch ist der Beweis erbracht, daß die Infrarotfotografie zur Darstellung der kapillären Hyperämie auf der Oberfläche nicht zu verwenden ist. Selbstverständlich kann man, wie aus den obigen Ausführungen hervorgeht, auch die Reaktionen in den tieferen und tiefsten Gewebsschichten wie etwa die Tiefenhyperämie durch die Gewebe hindurch mit der Infrarotplatte in keiner Weise erfassen, da ja die infraroten Strahlen nur wenige Millimeter ins Gewebe eindringen. Wir müssen das besonders betonen, da man immer wieder die irrige Ansicht hört, die infraroten Strahlen hätten den Röntgenstrahlen ähnliche Eigenschaften.

Bei unserem letzten Versuch konnten wir auf Arbeiten von Rostock zurückgreifen, der ähnliche Ergebnisse erzielte. Er zeigte z. B., daß die rot marmorierte Haut des Unterarmes einer Patientin in keiner Weise von der Infrarotplatte wiedergegeben wird. Ebenso demonstrierte er, daß die Infrarotplatte bei einer Frau mit einer Acne rosacea im Gesicht eine geradezu ideale Haut vortäuscht.

Ganz ausgezeichnet eignet sich die Infrarotfotografie zur Darstellung des Füllungsgrades von Arterien und Venen, aber auch

nur der, die an der Oberfläche oder einige Millimeter darunter liegen. Sehr deutlich zeigte das folgender Versuch:

Wir enthaarten die Ohrmuschel eines Kaninchens mit Baryumsulfat und durchfluteten es im Kondensatorfeld unseres Ultra-Pandorus 20 Minuten lang. Unmittelbar danach machten wir eine Infrarot- und eine Isochromaufnahme. Die Überlegenheit der Infrarotfotografie für die eben geschilderten Zwecke läßt sich wohl kaum besser darstellen. Die Isochromaufnahme zeigte von den prall gefüllten Venen und Arterien nur die äußeren Konturen und diese noch äußerst schlecht und verzerrt. Von dem Füllungsgrad, also von der im Augenblick vorhandenen Blutmenge in den Gefäßen, war bedeutend weniger zu sehen als auf der Infrarotplatte.

Die Infrarotaufnahme bildet weniger die Gefäßwände ab, sondern macht die „Blutsäule" in den Gefäßen sichtbar. Außerdem bringt die Infrarotaufnahme störende Effekte, wie Pigmentflecke, Hautaffektionen etc. nicht zur Abbildung, so daß das Wesentliche viel mehr hervortritt.

Ebenso glänzend eignet sich die Infrarotfotografie zur Darstellung der Verhältnisse an den subkutanen Venen.

Bevor wir mit der Besprechung dieses Versuches beginnen, möchten wir erwähnen, daß wir grundsätzlich von jedem Versuch in jeder Phase neben der Infrarotaufnahme auch stets eine Isochromaufnahme machten, um stets eine Kontrolle zu haben, welche von den beiden Platten in den einzelnen Fällen sich als die bessere qualifiziert.

Wir beginnen jetzt mit dem Bericht über unsere Erfahrungen mit den Kurzwellen in ihrer Wirkung auf das periphere Gefäßsystem. Dabei möchten wir, um Wiederholungen zu vermeiden, vorausschicken, daß wir bei allen Durchflutungen im Kondensatorfeld des Ultra-Pandorus die Wellenlänge von 6 m verwendeten.

Unser nächster Versuch galt also, wie schon oben angedeutet, der Untersuchung der Kurzwellenwirkung auf die Hautvenen. Wir machten zu diesem Zwecke unmittelbar vor der Durchflutung eine Aufnahme eines Teiles des Ober- und Unterarmes. Der Arm wurde in gestreckter und wagerechter Haltung auf eine Unterlage gelegt. Nach der Aufnahme wurde der Arm in dieser Haltung ins Kondensatorfeld gebracht und in dieser Lage der betreffende Teil des Unter- und Oberarmes 45 Minuten mit der größten Intensität durchflutet. Die Kondensatorplatten waren etwa 5 cm auf beiden Seiten vom Arm entfernt. Nach kurzer Durchflutung war bereits eine subjektive Wärmeempfindung zu bemerken. Nach etwa 30 Minuten hatte man das Gefühl, als ob der ganze Unterarm gespannt und geschwollen wäre. Es wurden noch 15 Minuten

durchflutet. Dann wurde der Arm sofort wieder zum Aufnahmeapparat gebracht und genau dieselbe Stelle wieder fotografiert, wobei auf dem Wege vom Kurzwellenapparat bis zum Fotoapparat darauf geachtet wurde, die zuerst eingenommene gestreckte und wagerechte Haltung unter sorgfältigster Vermeidung irgendeiner aktiven Bewegung des Armes beizubehalten, um alle mechanisch bedingten Veränderungen der Zirkulationsverhältnisse auszuschalten.

Die nach der Durchflutung gemachte Aufnahme zeigte uns, daß im Vergleich zur ersten Aufnahme die Venenäste der V. basilica in den regiones cubiti medialis, antebrachii volaris et ulnaris an Kaliber und Blutfüllung bedeutend zugenommen hatten. Manche kleinen Verbindungsvenen wurden auf der zweiten Fotografie überhaupt erst sichtbar.

Diese Tatsache ist wohl darauf zurückzuführen, daß durch die Durchflutung eine erhöhte Blutzufuhr einsetzt, die in der Zeiteinheit größer ist als der Abtransport durch die Venen, so daß sich in diesen das Blut staut. Zum anderen spricht wahrscheinlich für die Erweiterung der Venen eine spezifische Wirkung der Kurzwellen mit.

Bei unserem nächsten Versuch machten wir es uns zur Aufgabe, die fotografisch nachweisbare Dauer der Hyperämie zu erforschen. Als das hierzu geeignetste Versuchsobjekt erschien uns die überaus gefäßreiche Ohrmuschel des Kaninchens, vor allem die der Albinos. Um die Gefäße besonders gut sichtbar zu machen, wurden sie 1—2 Tage vor dem Versuch mit Bariumsulfat vollkommen enthaart.

Bei der Durchführung der Versuche ergaben sich insofern Schwierigkeiten, als die Gefäße hier äußerst labil sind und bei Erregungen des Tieres meistens mit einer reflektorischen Hyperämie reagieren. Zuerst versuchten wir die Gemütsbewegungen des Tieres durch Narkose auszuschalten. Doch war das ein glatter Mißerfolg. In der Äthernarkose waren die Ohrmuschelgefäße derartig erweitert und mit Blut gefüllt, daß eine Steigerung durch die Kurzwellendurchflutung in keiner Weise zu erwarten war. Überdies starben viele narkotisierte Tiere bei der Durchflutung, wie wir bereits oben erwähnt haben. Wir mußten daher zur Herabminderung dieser äußerst starken reflektorischen Hyperämie andere Wege finden. Wir suchten uns aus unserem sehr großen Kaninchenstall das zahmste Tier heraus und quartierten es in unserem Laboratorium ein. Dort beschäftigten wir uns täglich mit ihm, ließen es frei herumlaufen, fütterten es, fingen es ein, brachten es unter die Nitraphotlampe, legten es ins Kondensatorfeld, kurz, wir gewöhnten das Tier in mühsamer „Dompteurarbeit" vollkommen an uns und an unsere Arbeit, so daß das Tier völlig ruhig wurde und von einer reflektorischen Reaktion an den Ohrmuschelgefäßen zuletzt

kaum etwas zu merken war. Dann stellten wir Leerversuche an, indem wir die Ohren mehrere Male in verschiedenen Abständen fotografierten, ohne sie ins Kondensatorfeld zu bringen. Die Gefäße zeigten dann stets bis auf belanglose Abweichungen dasselbe Bild. Um das Tier nicht allzu lange während der einzelnen Aufnahmen den warmen und lichtstarken Nitraphotlampen auszusetzen, wodurch unter Umständen bei den Versuchen dann doch noch einige Gefäßreaktionen hätten entstehen können, und vor allem, um in jedem beliebigen Augenblick sofort fotografieren zu können, mußte das jedesmalige durch die kurze Entfernung zwischen Ohr und Objektiv notwendige Neueinstellen der Aufnahme ausgeschaltet werden. Das erreichten wir dadurch, daß wir in der für die gewünschte Bildgröße notwendigen Entfernung ein Brett fixierten, ein weißes Papier daran hefteten, die Ohrmuschel daran legten, die Umrisse der Ohrmuschel auf das Papier zeichneten und dann den Fotoapparat darauf genau einstellten. Brett und Apparat wurden dann stets in derselben Einstellung gelassen. Schritten wir zur Aufnahme, brauchten wir nur die Ohrmuschel in den gezeichneten Umriß zu legen und konnten dann sofort belichten, ohne mit der Einstellung kostbare Zeit zu verschwenden.

Unmittelbar vor der Durchflutung zeigte die Infrarotaufnahme eine sehr geringe Durchblutung und einen sehr geringen Durchmesser der Gefäße. Die kleinen Gefäße waren kaum sichtbar.

Die Ohrmuschel des Kaninchens wurde dann zwischen den Kondensatorplatten, die etwa 15 cm voneinander entfernt waren, 30 Minuten mit höchster Intensität durchflutet. Gleich nach Einschalten des Stromes zeigte sich eine Erweiterung der Gefäße und eine stärkere Durchblutung derselben, Reaktionen, die sich innerhalb der nächsten 15 Minuten immer noch steigerten. Die restlichen 15 Minuten hielt dieser Zustand an, ohne daß sich eine Erhöhung oder Abschwellung gezeigt hätte. In dieser zweiten Phase der Durchflutung war nur noch eine erhöhte kapilläre Durchblutung wahrzunehmen. Die Ohrmuschel schwoll zuerst hellrot an und nahm schließlich eine livide Verfärbung an. Das Tier war anfänglich ganz ruhig, zeigte nach etwa 10 Minuten geringe Zeichen von Erregung, die wahrscheinlich darauf zurückzuführen waren, daß wir durch Berührung der Ohrmuschel und eines leitenden Teiles des Kurzwellenapparates einen Kurzschluß herbeiführten, wodurch schmerzhafte Sensationen bei dem Tier ausgelöst wurden. Deutlich waren die Temperaturunterschiede zwischen dem durchfluteten und dem aus dem Kondensatorfeld möglichst weit entfernt gehaltenen Ohr. Noch nach $2^1/_2$ Stunden konnte man eine höhere Temperatur der durchfluteten Ohrmuschel im Vergleich zur anderen fühlen.

Die unmittelbar nach der Durchflutung gemachte Aufnahme

ließ eine mächtige Anschwellung und Blutfüllung der Gefäße erkennen.

Nach 10 Minuten zeigte die Aufnahme eine geringe Abnahme der Durchblutung, die vor allem an den Endverzweigungen der kleineren Gefäße zum Ausdruck kam.

Nach 30 Minuten hatten sich die Verhältnisse gegenüber der letzten Aufnahme kaum wesentlich geändert, bis auf die großen Arterien, die bereits an Kaliber und Blutfüllung erheblich eingebüßt hatten.

Nach 60 Minuten hatten sich bereits wieder annähernd normale Verhältnisse eingestellt, soweit man überhaupt nach einer Fotoaufnahme über Zirkulationsverhältnisse urteilen kann. Es ließ sich nur eine geringe Erweiterung und stärkere Blutfüllung der Gefäße gegenüber den Verhältnissen vor der Durchflutung feststellen.

Weiterhin machten wir Aufnahmen nach 2 Stunden, nach 4 Stunden und nach $6^1/_2$ Stunden.

Die drei letzten Aufnahmen zeigten fast alle dasselbe Bild wie die 60 Minuten nach Durchflutung gemachte Fotografie. Vielleicht konnte man bei der letzten Aufnahme feststellen, daß die Blutfüllung der Gefäße etwas geringer war als bei den vorigen. Trotzdem wollen wir nicht behaupten, daß das noch irgendwie mit der Einwirkung der Kurzwellen in Zusammenhang zu bringen ist. Vielmehr sind die minimalen Unterschiede bei den letzten vier Aufnahmen wohl auf das Konto der psychisch bedingten reflektorischen Gefäßreaktionen zu schreiben. Wir hatten bei dem zahmsten Tier auch ohne vorige Durchflutung stets geringe Unterschiede an den Gefäßen gefunden. Daher kann man wohl annehmen, daß bei der vorher beschriebenen Dosierung bei einer Wellenlänge von 6 m an den makroskopisch sichtbaren Gefäßen etwa nach 45—60 Minuten nach der Durchflutung bereits wieder normale Verhältnisse eintreten.

Weiterhin haben wir festgestellt, daß die Dauer der Hyperämie von der Stärke der Intensität und der Grad der Gefäßreaktion von der Stellung im Kondensatorfeld abhängen, wie es folgender Versuch zeigte:

Wir fotografierten zunächst beide Kaninchenohrmuscheln nebeneinander auf einer Infrarotplatte. An beiden Ohrmuscheln war das gleiche Kaliber und die gleiche Blutfüllung der Gefäße zu sehen.

Dann brachten wir beide Ohrmuscheln ins Kondensatorfeld hinein und zwar dergestalt, daß die rechte Ohrmuschel direkt zwischen die Elektroden gebracht wurde, während wir die linke möglichst weit aus deren Bereich entfernt hielten. In dieser Stellung durchfluteten wir 30 Minuten mit einer geringen Intensität.

Die unmittelbar nach der Durchflutung gemachte Aufnahme

zeigte zunächst an beiden Ohrmuscheln eine Erweiterung der Gefäße. Beachtenswert ist jedoch, daß diese Erscheinungen an der rechten Ohrmuschel, also bei der zwischen den Elektroden gelegenen, viel stärker waren. So waren hier vor allem Kaliber und Blutfülle der großen Arterien und Venen viel größer als an der linken.

Die stärkste Beeinflussung der Gefäße läßt sich also, wie nicht anders zu erwarten war, zwischen den Elektroden erzielen. Aber auch im anderen Teil des elektromagnetischen Feldes ist eine solche möglich, wenn auch bedeutend geringer.

Weiterhin zeigte die nach 30 Minuten gemachte Aufnahme, daß nach dieser Zeit alle Gefäßreaktionen abgeklungen sind, eine Tatsache, die nur auf die geringe Intensität zurückgeführt werden kann.

Zur Kontrolle wurde noch eine Aufnahme nach 45 Minuten gemacht, die bis auf geringe, nach obigen Ausführungen als normal anzusehende Abweichungen, die gleichen Verhältnisse wie die vorige aufweist.

In allen Fällen, in denen wir Kaninchenohrmuscheln durchfluteten, konnten wir noch Befunde erheben, die sich leider mit der fotografischen Platte nicht registrieren lassen. Die einzige Möglichkeit, die nachstehend beschriebenen Verhältnisse festzuhalten, könnte unter Umständen die Farbenfotografie bieten.

Oben wurde bereits erwähnt, daß die Ohrmuscheln im Kondensatorfeld rote bis livide Verfärbungen annahmen. Diese hochgradige kapilläre Hyperämie blieb viel länger erhalten als die der größeren Gefäße und zwar etwa die doppelte Zeit. Nach etwa zwei Stunden konnte man die Feststellung treffen, daß die Ohrmuscheln, die bis dahin eine diffus rote Verfärbung zeigten, ein anderes Aussehen erhielten. Den gleichen Farbton wiesen jetzt nur noch einige etwa bis pfennigstückgroße Bezirke auf, während die übrigen Teile bereits mehr oder minder verblaßt waren. Auffällig war, daß fast zu jedem dieser roten Flecke ein eben makroskopisch noch sichtbares Gefäß hinführte. Diese Flecken wurden immer kleiner und an Zahl geringer. Drei Stunden nach der Durchflutung waren nur noch einige bis linsengroße Areale zu sehen. Nach etwa vier Stunden war von diesen nichts mehr wahrzunehmen.

Nach der Untersuchung der Reaktionen an den oberflächlichen Gefäßen galt unser nächstes Studium den Einwirkungen der Kurzwellen auf das im Inneren des Körpers gelegene Gefäßsystem. Am gefäßreichsten und für die fotografische Darstellung am brauchbarsten erschienen uns die serösen Häute. Die Meningen sind wohl infolge der schwierigen und langdauernden Operationen für diese Zwecke nicht geeignet, zumal die Gefahr der Verletzung von Gefäßen und der damit verbundenen Rhexisblutung besteht, wodurch

ein völlig verzerrtes Bild entstehen muß. Weiterhin ertragen die Tiere Operationen in diesem Gebiet sehr schlecht und sterben außerordentlich schnell. Am geeignetsten erschien uns das Mesenterium mit dem Dünndarm. Wir gestalteten unsere Versuche folgendermaßen:

Wir narkotisierten ein kräftiges wildfarbenes Kaninchen mit Äther. Dann machten wir eine Laparatomie des Epi- und des Mesogastriums. Darauf wurde ein Stück Dünndarm mit seinem Mesenterium herausgenommen, auf ein Gazestreifen gelegt und fotografiert. Durch die Atembewegungen des Tieres wurde jedoch der Bauch und somit auch die freigelegte Dünndarmschlinge in rhythmische Bewegungen versetzt, so daß eine scharfe Fotografie unmöglich war. Wir mußten also nach einem Mittel fahnden, das die Atembewegungen des Tieres im Augenblick der Belichtung ausschaltete. Das gelang uns am besten dadurch, daß wir kurz vor der Belichtung auf das auf das Gesicht gebreitete Narkosetuch einen ordentlichen Schuß Äther gossen. Im selben Augenblick standen die Atembewegungen still, und die Aufnahme konnte gemacht werden. Dann wurde das Tuch vom Gesicht sofort wieder heruntergenommen, damit das Tier nicht zuviel Äther inhalierte. Weiterhin mußten wir den Umstand in Kauf nehmen, daß die Mesenterial- und Dünndarmgefäße nach der Herausnahme sich kontrahierten und Mesenterium und Darmserosa eine Eintrocknung erfuhren, die sich proportional der Dauer der Freilegung verhielt. Die Gefäßkontraktion setzte allerdings erst einige Sekunden nach der Einwirkung der Außenwelt ein. Da jedoch das Bild erst eingestellt werden mußte, konnten wir die Aufnahme nicht sofort machen. Wir mußten uns daher, um Fehler zu vermeiden, auf eine Zeit festlegen. Wir machten daher alle Aufnahmen etwa eine Minute nach Freilegung und zwar erst die Infrarot- und dann die Isochrom-Aufnahme. Nach jeder Aufnahme — und das gilt für alle an dem Mesenterium gemachten Aufnahmen — wurden die Darmschlingen mit einem Gazestreifen markiert, in den Leib zurückgesteckt, und der Bauch dann sofort wieder durch eine Naht oder auch zwischen den einzelnen Aufnahmen nach der Durchflutung und bei den Leerversuchen nur mit Klemmen geschlossen.

Zunächst wurden einige Aufnahmen gemacht, ohne das Tier zu durchfluten, um festzustellen, ob durch die operativen Manipulationen irgendwelche Reaktionen mit der Zeit an den Gefäßen eintreten. Die Gefäße zeigten jedoch fast stets das gleiche Bild. Die geringen Abweichungen sind ohne praktische Bedeutung.

Wir haben gesehen, daß bei den oberflächlichen Gefäßen der höchste Grad der Hyperämie noch während der Durchflutung erreicht wird. Unsere Versuche mußten nun dahin zielen, festzustel-

len, ob bei den tiefsten Gefäßen die gleichen Verhältnisse zu finden sind.

Wir machten in der vorher beschriebenen Weise eine Aufnahme vor der Durchflutung.

Dann wurde der Leib mit der der höchsten Intensität durchflutet. Die Elektroden wurden so groß gewählt, daß annähernd der ganze Bauch von ihnen erfaßt wurde. Beide Elektroden waren etwa 3—4 cm vom Objekt entfernt.

Die sofort nach der Durchflutung gemachte Aufnahme zeigte eine erhebliche Erweiterung und Blutfülle der Mesenterialgefäße gegenüber der vorigen.

Nach der Aufnahme wurde die Dünndarmschlinge wieder sofort in den Bauch zurückgesteckt und nach 10 Minuten wieder freigelegt und fotografiert. Auf dieser zeichneten sich die Gefäße noch durch eine viel größere Erweiterung und Blutfülle aus als bei der letzten.

Diese Tatsache konnte man schon aus dem Aspekt ersehen. Während die Gefäße vor der Einwirkung der Kurzwellen eine mäßige Blutfülle zeigten, die nach Freilegung infolge der oben beschriebenen Ursachen noch abnahm, waren die Gefäße des Mesenteriums und des Darmes nach der Durchflutung weit und prall mit Blut gefüllt. Der höchste Grad der Durchblutung zeigte sich jedoch erst, nachdem 10 Minuten nach der Durchflutung die Klemmen entfernt und die Schlingen wieder herausgenommen worden waren. Arterien und Venen waren maximal erweitert und zum Bersten mit Blut gefüllt. Vor der Durchflutung war das Mesenterium blaß und durchsichtig. Sofort nach der Durchflutung zeigte es eine livide Verfärbung, die nach 10 Minuten noch viel intensiver geworden war. Auf den drei letzten Aufnahmen kamen leider die an sich verhältnismäßig kleinen Darmgefäße nicht zur Abbildung, eine Tatsache, auf die wir noch zurückkommen werden.

Die Aufnahmen haben jedoch ziemlich eindeutig bewiesen, daß der höchste Grad der Hyperämie bei den tiefen Gefäßen nicht unmittelbar, sondern erst einige Zeit später, in unserem Falle 10 Minuten nach der Durchflutung eintritt.

Leider konnten wir bei diesem Versuch keine weiteren Aufnahmen anfertigen, da das Tier starb. Wir machten einen weiteren Versuch, bei dem wir uns zur Aufgabe machten, die Dauer der Hyperämie festzustellen.

Die vor der Durchflutung gemachte Aufnahme zeigte wiederum eine mäßige Blutfülle in den Gefäßen.

Dann wurde das Tier 30 Minuten mit höchster Intensität in der vorigen Anordnung durchflutet. Hier zeigte sich sofort nach der Kurzwellen-Durchflutung ein hoher Grad der Hyperämie.

Jedoch zeigte auch hier die nach 10 Minuten gemachte Aufnahme eine Steigerung der Hyperämie, die besonders augenfällig an den kleinen Gefäßästen war.

Die 30 und 45 Minuten nach der Durchflutung gemachten Aufnahmen zeigten keine wesentlichen Abweichungen. Vielleicht hatte die Stärke der Blutfüllung gegenüber der 10 Minuten nach der Durchflutung gemachten Aufnahme ein wenig abgenommen und zwar bei der nach 45 Minuten gemachten Fotografie etwas mehr als bei der nach 30 Minuten angefertigten. Man konnte das an dem Kaliber der Verzweigungsäste und an der helleren Zeichnung der Gefäße erkennen, woraus man auf eine mindere Blutfüllung schließen konnte.

Die nach 60 Minuten gemachte Aufnahme ließ wiederum eine geringe Abnahme der Durchblutung und eine Verengerung der Gefäße erkennen. Das Kaliber des Hauptastes war kleiner. Doch auch an allen anderen Verzweigungsästen des Hauptstammes war eine geringe Abnahme der Durchblutung zu erkennen.

Betrachtete man jedoch die Bilder gemeinsam, so ließ sich wohl sagen, daß auch bei der letzten Aufnahme die Hyperämie erheblich war. Die Abnahme der Durchblutung war im Verhältnis zu der Blutfülle doch sehr gering. Dieser Versuch zeigte uns also, daß die Hyperämie in den tiefen Gefäßen viel länger anhält als in den oberflächlichen. Wir erinnern uns an den Versuch mit der Ohrmuschel des Kaninchens. Hier ging die Abnahme der Durchblutung viel krasser vor sich. Nach 60 Minuten waren wiederum fast normale Verhältnisse hergestellt, ganz zum Unterschied von dem letzten Versuch. Leider war es auch hier nicht möglich, die Verhältnisse an den Gefäßen länger zu studieren, da das Tier einige Minuten nach der letzten Aufnahme starb. Bei dieser großen Laparatomie, durch die vielen Manipulationen und nicht zuletzt durch ev. Ätherüberdosierungen infolge des wiederholten Übergießens mit Äther zwecks Drosselung der Atembewegungen sterben die Tiere trotz sorgfältigster Behandlung meistens nach $1^1/_2$ bis 2 Stunden, in den günstigsten Fällen nach $2^1/_2$ Stunden. — Zu erwähnen wäre noch, daß die livide Verfärbung des Mesenteriums und des Darmes auch hier mit der Zeit abnahm, doch waren die Unterschiede 10 und 60 Minuten nach der Durchflutung nicht allzu augenfällig.

Schließlich waren noch die Temperaturverhältnisse bemerkenswert. Um diese genau zu bestimmen, wurde vor der Durchflutung eine Laparatomie gemacht, dann wurde ein Thermometer in die Bauchhöhle eingeführt, und der Leib wieder mit Klemmen geschlossen. Nach 10 Minuten wurde die Temperatur gemessen, und dann das Tier etwa eine halbe Stunde lang durchflutet. Nach der Kurzwelleneinwirkung zeigte das Thermometer eine Temperatur-

erhöhung etwa um 5—6 Grad Celsius an. Auch subjektiv waren die Temperaturunterschiede vor und nach dem Durchfluten deutlich.

Wenn man die Reihe der Bilder des letzten Versuches betrachtete, dann konnte man glauben, daß die vor der Durchflutung gemachte Aufnahme nicht dieselbe Darmschlinge darstelle wie die anderen. Die andere Anordnung der Gefäße wurde jedoch lediglich durch eine etwas verzerrte Ausbreitung der Schlinge hervorgerufen. Als Beweis konnten wir auf ein Haematom zwischen zwei Gefäßabgängen auf dem oberen Teil des Hauptstammes hinweisen, das bei der Freilegung des Mesenteriums künstlich entstanden war. Dieses Haematom fanden wir auf allen Abbildungen. Interessant ist dabei, daß das Haematom nach der Durchflutung besonders groß geworden war und auch nachher noch an Größe zunahm. Dabei wäre die Frage aufzuwerfen, ob das Kondensatorfeld direkt für das Anwachsen des Haematoms verantwortlich zu machen war. Durch den erhöhten Blutandrang infolge der Kurzwellendurchflutung wäre das sehr gut denkbar.

Bei allen Aufnahmen wurde, wie schon oben erwähnt, stets eine Kontrollaufnahme auf einer Isochromplatte gemacht. Dabei machten wir wiederum die Feststellung, daß die Infrarotaufnahme sich zur Darstellung des Füllungsgrades von größeren Gefäßen sehr gut eignet, was aus dem Vergleich der vor und nach der Durchflutung gemachten Infrarot- und Isochromplatten hervorging.

Nachteilig wirkt sich jedoch der Umstand aus, daß kleine und kleinste, makroskopisch eben noch sichtbare Gefäße, von der Infrarotplatte garnicht, von der Isochromplatte dagegen sehr gut abgebildet werden. So waren die kleinen Gefäße, die von den Verzweigungen des Hauptstammes des Mesenterialgefäßes abgingen, auf der Infrarotplatte überhaupt nicht zu sehen. Weiter wurden die Gefäße der Darmwand nur mangelhaft abgebildet. Auf der Isochromplatte war jedoch alles sehr gut wiedergegeben. Ferner war das Haematom auf der Isochromplatte viel besser zu erkennen.

Dieses Verhalten der Infrarotplatte gegenüber kleineren Gefäßen macht es auch erklärlich, daß wir bei der Darstellung der kleinen Arterien und Venen der Harnblase des Kaninchens keinen großen Erfolg hatten. Um die Harnblase und die Gefäße der Harnblase besser darstellen zu können, füllten wir sie nach Freilegung durch eine Laparatomie mit einer auf Körpertemperatur erwärmten physiologischen Kochsalzlösung durch die Urethra mit Hilfe einer Ohrspritze langsam und mit größter Vorsicht, so daß sich das Blasengewebe dem ansteigenden Füllungsdruck anpassen konnte, ohne daß Petechien entstanden. Damit sich die Blase nicht wieder entleeren konnte, wurde die Urethra abgeklemmt. Trotz der behutsamen Füllung mußten wir feststellen, daß die Gefäße mit

einer erhöhten Blutfüllung reagierten, so daß schon vor dem Beginn der Durchflutung eine verhältnismäßig große Hyperämie vorhanden war. Die Schleimhaut zeigte eine gleichmäßige rosa Farbe.

Vor der Durchflutung wurde die Blase wiederum zuerst fotografiert.

Dann wurde die Blase in den Leib wieder zurückgesteckt und der Bauch vernäht. Anschließend wurde der Bauch des Kaninchens in der alten Anordnung 15 Minuten lang mit einer mittleren Intensität durchflutet.

Die sofort nach der Durchflutung gemachte Aufnahme zeigte eine geringe Steigerung der Hyperämie.

Jedoch waren die Unterschiede auf den Aufnahmen auch nicht allzu eindrucksvoll, da ja vorher bereits eine reflektorische Hyperämie bestand. Auffallend war jedoch, daß viele kleinere Gefäße erst auf der letzten Aufnahme sichtbar geworden waren, da diese erst jetzt eine solche Durchblutung erfahren hatten, daß sie die fotografische Platte abbilden konnte. Die Harnblase war jetzt infolge kapillärer Hyperämie diffus gerötet.

Bei der Darstellung der Gefäße an diesem Organ mußten wir uns der Isochromplatte bedienen, da diese hier bedeutend mehr leistet als die Infrarotplatte. Denn bei der letzteren waren die Gefäßzeichnungen verschwommen und hoben sich als hellere Streifen gegenüber der dunkleren Umgebung ab. Man hatte den Eindruck, als ob das Bild das Negativ der Infrarotaufnahme wäre. Das ganze Bild erschien verzerrt und somit unklar. An den untersten Partien des Bildes waren die Gefäße allerdings dunkler als die Umgebung, jedoch nicht im mindesten so präzise und kontrastreich wie bei der Isochromaufnahme. An der Übergangsstelle zwischen der im Vergleich zur Umgebung helleren und dunkleren Gefäßzeichnung waren die Gefäße überhaupt nicht abgebildet. Die Erklärung für alle diese Befunde ist wohl darin zu suchen, daß die Blase mit Flüssigkeit gefüllt war und daß dadurch die infraroten Strahlen im Zusammenhang mit dem Einfallslot eine von den sichtbaren Strahlen verschiedene Absorption in den einzelnen Medien erfahren hatten. Allerdings registrierte die Infrarotplatte auch hier tiefer gelegene Verhältnisse. Beim Füllen der Harnblase hatte sich eine Luftblase gebildet. Während auf der Isochromplatte nichts davon zu sehen war, hob sich diese als heller etwa wallnußgroßer ovaler Fleck aus der dunkleren Umgebung heraus. Tiefer gelegene Gefäße, die die Isochromplatte nicht mehr abbildet, waren jedoch auf der Infrarotaufnahme auch nicht zu sehen. Ebenso sagte sie über den Füllungsgrad in den Gefäßen auch nicht mehr aus als erstere.

Zusammenfassend möchten wir noch einmal folgendes in den Vordergrund stellen:

Nach unseren Versuchen tritt das Maximum der Hyperämie an den oberflächlichen Gefäßen, z. B. an der Ohrmuschel des Kaninchens, schon während bezw. am Ende einer Durchflutung von 15—30 Minuten Dauer ein. Die größte Durchblutung der in der Tiefe gelegenen Gefäße fand bei unseren Versuchen 10 Minuten nach einer 15—30 Minuten langen Kurzwelleneinwirkung statt. Die Hyperämie bleibt in den tiefen Gefäßen bedeutend länger erhalten als in den oberflächlichen. Bemerken möchten wir noch hierzu, daß die Mesenterialgefäße und Darmgefäße eigentlich auch „oberflächliche" Gefäße in der „Tiefe" sind. Wie die Verhältnisse in den tiefen Gefäßen z. B. der Körpermuskulatur oder der großen Organe, wie Niere, Leber etc. liegen, läßt sich ja mit der Fotografie nicht feststellen.

Was die Verwendungsfähigkeit der Infrarotfotografie anbelangt, so lassen sich keine allgemeinen Gesetze aufstellen. Bei der Darstellung der Verhältnisse an den Gefäßen der Kaninchenohrmuschel, des Mesenteriums und ähnlichen Körperteilen und vor allem der Hautvenen läßt sie sich sehr gut verwenden und ist in verschiedener Hinsicht der normalen Fotografie überlegen, vorausgesetzt, daß die Gefäße eine bestimmte Größe haben. Zur Darstellung der Gefäße mancher Organe wie z. B. der Harnblase eignet sie sich überhaupt nicht. Hier muß man mit der Isochromplatte vorlieb nehmen.

Vielleicht könnte man bei der Darstellung der tiefer gelegenen Gefäße und vielleicht auch der kapillären Hyperämie mit Hilfe der Infrarotfotografie bessere Resultate erzielen, wenn man nach den Angaben von H e l w i c h die Lichtquelle vom Apparat aus gesehen hinter den Aufnahmegegenstand bringt, also die Anordnung: Apparat — Gegenstand — Lichtquelle trifft. Vielleicht könnte die Infrarotfotografie in dieser Weise bedeutende Fortschritte in der Erkenntnis der Gefäßreaktionen, besonders der durch die Hertzschen Kurzwellen erzeugten, ermöglichen.

Die in dieser Arbeit beschriebenen fotografischen Aufnahmen sind mit der Erlaubnis des Herrn Referenten weggelassen worden.

Zum Schluß gestatte ich mir, Herrn Dozent Dr. med. habil. W. Haase, Oberarzt an der Chirurgischen Universitätsklinik zu Berlin, für die Überlassung der Arbeit und Frl. E. Wühle für die freundliche Unterstützung bei den fotografischen Aufnahmen und Tierexperimenten meinen ergebensten Dank auszusprechen.

Literaturverzeichnis.

1.) Arkadiewa und Glagolewa: Zeitschrift für Physik. 24. (1924).
2). Abny: zitiert nach W. Dieterle, H. Dürr und W. Zeh: s. w. u.
3). Cignolini: Azione della onde corte sul sisteme nervoso vegetativo. Academia Medica Lombarda 25. IV. 1935.
4). D'Arsonval: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultrakurzwellen s. w. u.
5). Dekking, H. M.: Infrarotfotografie des Auges. Albrecht von Graefes Archiv für Ophthalmologie Bd. 133 1. Heft, Julius Springer, Berl. 1934.
6). Dieterle, W. H. Dürr u. W. Zeh: Über die Fortschritte auf dem Gebiete der Sensibilatoren für Tiefrot und Infrarot in Deutschland seit dem Jahre 1918. Veröffentlichungen des wissenschaftl. Zentrallaboratoriums der Agfa Bd. III. 1933.
7). Eggert: Stand der Infrarotfotografie. Veröff. d. wiss. Zentrallab. d. Agfa. Bd. III. 1933.
8). Eggert: Fortschritte und Grenzleistungen in der Infrarotfotografie. Veröff. d. wiss. Zentrallab. d. Agfa. Bd. IV. 1935.
9). Else: zitiert nach Liebesny: Kurz- und Ultrakurzwellen. s. w. u.
10). Esau: Versuche mit kurzen elektr. Wellen. Elektr. techn. Ztschr. 46 (1925), 47 (1926).
11). Gesenius: Tiefenhyperämie, zugleich ein Beitrag zur Wirkungsweise der Ultrakurzwellen. Deutsche med. Wochschr. Nr. 38. 1936.
12). Haase: Unsere Erfahrungen mit den Kurzwellen. Bruns Beiträge z. klin. Chirurgie, 164. 1936.
13). Haase: Die Dosierung im Esau'schen Kondensatorfeld eines Kurzwellensenders. Strahlentherapie, 43. 1932.
14). Haase u. Schliephake: Versuch über den Einfluß kurzer Wellen auf das Wachstum v. Bakterien. Strahlenth. 40, 1931.
15). Hancky und Neubert: Naturw. 18. 1930.
16). Haxthausen: Infrarot. Photographieren i. d. Dermatologie. Dermatolog. Wschr. 35, 1933.
17). Helwich: Die Infrarotfotografie und ihre Anwendungsgebiete. Dr. Walter Heerings-Verlag, Harzburg 1937.
18). Hertz: Gesammelte Werke. III. Aufl. 1914.
19). Hoock: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultrakurzwellen s. w. u.

20). König: Angew. Chemie 38. 1925.
21). König: Ber. Dtsch. chem. Ges. 55. 3303. 1922.
22). Kroch u. Rechberg: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultrakurzwellen, s. w. u.
23). Liebesny: Kurz- und Ultrakurzwellen. Sonder-B. z. Strahlentherapie. B. XIX. 1935. Urban u. Schwarzenberg, Berlin, 1935.
24). Moutier: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultra-K.W. s. o.
25). Nernst: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultra-K.W. s. o.
26). Oettingen: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultra-K.W. s. o.
27). Pflomm: Mü. med. Wochschr. 1930, S. 1854.
28). Pflomm: Arch. f. klin. Chirurg. 166. 1931.
29). Plotnikow: Lehrbuch der Photochemie. Verl. v. Walter de Grüyter & Co. Berlin, 1930.
30). Plotnikow, Splait u. Plantarnida: Forsch. Röntgenstr. 38. 1928. S. 531.
31). Preißecker: Über Mikrofotografie im ultraroten Licht. Wien. klin. Wochschr. Nr. 1. 1931.
32). Rostock: Die Infrarotfotografie im Dienste der chirurg. Diagnostik. Arch. f. klin. Chirurg. B. 186. 1936.
33). Schereschewski: Publ. Heath Reports 41, Nr. 16. 1928. Radiol. 20 Nr. 4. 1933.
34). Schliephake: Kurzwellentherapie. Verlag v. Gust. Fischer, Jena, 1936.
35). Tesla: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultra-K.W. s. o.
36). Weisz: Mü. med. Wochschr. 1937. S. 798.
37). Zeyneck: zitiert nach Liebesny: Kurz- u. Ultra-K.W. s. w. o.

Lebenslauf.

Am 25. September 1911 wurde ich, Friedrich Carl Kroker, als Sohn des Herzogl. Revierförsters Johannes Kroker und seiner Ehefrau Marta, geb. Schala, in Solarnia O/S, Kr. Ratibor, geboren. Nach 4-jährigem Besuch der Grundschule in meinem Heimatorte trat ich in das Staatl. humanistische Gymnasium zu Ratibor O/S ein und legte hier Ostern 1932 die Reifeprüfung ab.

Danach studierte ich Medizin an den Universitäten: Wien, Graz und Berlin. In Berlin bestand ich im Oktober 1934 die ärztl. Vorprüfung. Nach insgesamt 11 Semestern legte ich ebenfalls dort am 26. November 1937 mein med. Staatsexamen ab.

Die Bestallung als Arzt erhielt ich nach Beendigung des praktischen Jahres am 1. Dezember 1938.